



PET/EP04/052736

BREVET D'INVENTION

REC'D 10 JAN 2005

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 23 NOV. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 45 23
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

BEST AVAILABLE COPY



26 bis, rue de Saint Pétersbourg - 75800 Paris Cedex 08

Pour vous informer : INPI DIRECT

0 825 83 85 87

0,15 € TTC/min

Télécopie : 33 (0)1 53 04 52 65

Réservé à l'INPI

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354*03

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE page 1/2

BR1

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DS 540 © W / 030103

REMISE DES RÉCÉP DATE 14 MAI 2004 LIEU 75 INPI PARIS 34 SP N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 14 MAI 2004 Vos références pour ce dossier (facultatif) 63396	<input checked="" type="checkbox"/> NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE DUDOUIT Isabelle THALES Intellectual Property 31-33, avenue Aristide Briand 94117 ARCUEIL cedex
---	--

Confirmation d'un dépôt par télécopie

☐ N° attribué par l'INPI à la télécopie

2 NATURE DE LA DEMANDE

Cochez l'une des 4 cases suivantes

Demande de brevet

☒

Demande de certificat d'utilité

☐

Demande divisionnaire

☐

*Demande de brevet initiale
ou demande de certificat d'utilité initiale*

N°

Date

N°

Date

Transformation d'une demande de
brevet européen *Demande de brevet initiale*

☐

N°

Date

3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

PROCEDE DE LOCALISATION D'UN OU DE PLUSIEURS EMETTEURS

4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ

OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE

LA DATE DE DÉPÔT D'UNE

DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE

Pays ou organisation **FRANCE**

Date **07/11/2003**

N° 03 13128

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

☐ S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)

☒ Personne morale

☐ Personne physique

Nom
ou dénomination sociale

THALES

Prénoms

Forme juridique

Société Anonyme

N° SIREN

552059024

Code APE-NAF

Domicile
ou
siège

Rue

45, rue de Villiers

Code postal et ville

92200 NEUILLY SUR SEINE

Pays

FRANCE

Nationalité

Française

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

☐ S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

Remplir impérativement la 2^{ème} page





BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE
page 2/2

BR2

REMISE DES PIÈCES
DATE **14 MAI 2004**
LIEU **75 INPI PARIS 34 SP**
N° D'ENREGISTREMENT **0405254**
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

08 540 W / 210502

6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)			
Nom	DUDOUIT		
Prénom	Isabelle		
Cabinet ou Société	THALES		
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel	8325		
Adresse	Rue	31-33, avenue Aristide Briand	
	Code postal et ville	94 11 17 ARCUEIL cedex	
	Pays	FRANCE	
N° de téléphone (facultatif)	01 41 48 45 17		
N° de télécopie (facultatif)	01 41 48 45 01		
Adresse électronique (facultatif)	isabelle.dudouit@thalesgroup.com		
7 INVENTEUR (S)		Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques	
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)	
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences	
Le support électronique de données est joint		<input type="checkbox"/>	
La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/>	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI	
Isabelle DUDOUIT 			
		14 MAI 2004	

L'invention concerne un procédé de localisation d'un ou de plusieurs émetteurs.

Il s'applique notamment à la localisation d'émetteurs au sol à partir d'un engin mobile sans avoir de connaissance a priori sur les signaux émis.

5 Le domaine technique est notamment celui de la localisation passive d'émetteurs.

La figure 1 illustre une localisation aéroportée. L'émetteur est à la position (x_0, y_0, z_0) . Le porteur à l'instant t_k est à la position (x_k, y_k, z_k) et voit l'émetteur sous l'incidence $(\theta(t_k, x_0, y_0, z_0), \Delta(t_k, x_0, y_0, z_0))$. Les angles
10 $\theta(t, x_0, y_0, z_0)$ et $\Delta(t, x_0, y_0, z_0)$ évoluent au cours du temps et dépendent de la position de l'émetteur ainsi que de la trajectoire du porteur.

Les angles $\theta(t, x_0, y_0, z_0)$ et $\Delta(t, x_0, y_0, z_0)$ sont repérés par rapport à un réseau de N antennes pouvant être fixé sous le porteur comme le montre la figure 2.

15 Il existe actuellement plusieurs techniques permettant de déterminer la position (x_m, y_m, z_m) d'un émetteur. Ces techniques de localisation diffèrent notamment par les paramètres qui sont estimés en instantanée au niveau du réseau des capteurs. Elles peuvent être classées de la manière suivante:

20 Utilisation de la goniométrie,

Ces techniques sont connues et utilisées dans l'art antérieur. Dans la plupart des cas, elles sont basées sur une goniométrie 1D en azimut. Les azimuts $\theta_{km} = \theta(t_k, x_m, y_m, z_m)$ associés au $m^{\text{ième}}$ émetteur sont mesurés pour différents instants t_k . En utilisant la position (x_k, y_k, z_k) du porteur
25 à l'instant correspondant k , une position (x_{mk}, y_{mk}, z_{mk}) de l'émetteur m est estimée par une intersection sol. La position (x_k, y_k, z_k) du porteur est donnée par un GPS, son orientation est obtenue par un compas dans le cas d'un

porteur terrestre et par une centrale de navigation dans le cas d'un aéronef. A partir de toutes les positions (x_{mk}, y_{mk}, z_{mk}) , la méthode effectue une extraction de données permettant de déterminer les M positions dominantes (x_m, y_m, z_m) des émetteurs incidents. La localisation est obtenue par triangulation ou par intersection sol (goniométrie 2D). L'inconvénient des techniques de triangulation est qu'elles nécessitent un défilement important. D'autre part, les techniques de goniométrie doivent utiliser un réseau de capteurs non ambiguë pour fournir les incidences. Ceci a pour inconvénient de nécessiter une table de calibration et de limiter la taille du réseau de capteurs et par conséquent de fournir des incidences limitées en précision.

Utilisation de la différence de phase entre 2 capteurs éloignés,

La différence de phase $\Delta\phi(t_k, x_0, y_0, z_0)$ entre capteurs dépend de la positions des 2 capteurs ainsi que de l'incidence $(\theta(t_k, x_0, y_0, z_0), \Delta(t_k, x_0, y_0, z_0))$ de l'émetteur. Cette phase qui dépend du temps est directement liée à la position (x_0, y_0, z_0) de l'émetteur. En conséquence, en étudiant la fonction du temps $\Delta\phi(t, x_0, y_0, z_0)$ il est possible d'en déduire la position (x_0, y_0, z_0) de l'émetteur. Dans cette famille d'application les 2 capteurs sont éloignés pour augmenter la précision de la mesure de la phase. Ceci a pour inconvénient de faire varier la différence de phase $\Delta\phi(t, x_0, y_0, z_0)$ en fonction du temps sur plus de 2π et la technique nécessite alors une étape permettant de dérouler la phase sur plus de 2π . D'autre part dans cette technique la phase est mesurée en effectuant directement une intercorrélation entre 2 capteurs ce qui ne permet pas de traiter le cas multi-émetteurs.

Utilisation de la mesure de la fréquence porteuse de l'émetteur,

Ces techniques exploitent le fait que la fréquence porteuse estimée est la somme de la fréquence porteuse de l'émetteur et du décalage doppler du à la vitesse de déplacement du porteur. Le décalage doppler a l'avantage de dépendre de la position (x_0, y_0, z_0) de l'émetteur et d'être aussi une fonction du temps $\Delta f(t, x_0, y_0, z_0)$. En conséquence en étudiant la fonction

du temps $\Delta f(t, x_0, y_0, z_0)$ il est possible d'en déduire la position (x_0, y_0, z_0) de l'émetteur. La mesure de ce décalage doppler présente toutefois comme inconvénient de nécessiter des émetteurs ayant des formes d'ondes particulières. Cette mesure de fréquence peut se faire par des techniques cycliques supposant que le signal émis est non circulaire.

Utilisation des temps de propagation,

Ces techniques exploitent les différences de temps de propagation entre aériens (TDOA ou Time difference of arrival) qui sont directement liées aux distances respectives de l'émetteur aux différents aériens et donc à la position (x_0, y_0, z_0) de l'émetteur. En utilisant au moins trois aériens suffisamment espacés, il est possible de déduire la position (x_0, y_0, z_0) de l'émetteur par localisation hyperbolique. L'inconvénient de ces techniques est qu'elles ne peuvent être mises en œuvre en contexte mono porteur en raison des espacements considérables requis entre aériens. D'autre part dans ces techniques, la différence de temps est mesurée en effectuant directement une intercorrélation entre 2 capteurs, ce qui ne permet pas de traiter le cas multi-émetteurs.

Le procédé selon l'invention repose notamment sur une nouvelle approche d'estimation directe des positions (x_m, y_m, z_m) de chacun des émetteurs à partir d'une analyse paramétrique du signal multi-voies à divers instants t_k sur une durée Dt . L'analyse paramétrique a notamment pour fonction supplémentaire de séparer les différents émetteurs à chaque instant t_k . On associe ensuite les paramètres d'un même émetteur issus des différents instants t_k pour finalement localiser chacun des émetteurs.

L'invention concerne un procédé de localisation d'une ou de plusieurs sources, la ou lesdites sources étant en mouvement par rapport à un réseau de capteurs, le procédé comportant une étape de séparation des sources afin d'identifier les vecteurs directeurs associés à la réponse

des capteurs à une source d'incidence donnée. Il est caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes :

- associer les vecteurs directeurs $\mathbf{a}_{1m} \dots \mathbf{a}_{Km}$ du $m^{\text{ième}}$ émetteur obtenus respectivement aux instants $t_1 \dots t_K$,
- 5 ◦ localiser le $m^{\text{ième}}$ émetteur à partir des vecteurs $\mathbf{a}_{1m} \dots \mathbf{a}_{Km}$ associés.

Le procédé selon l'invention présente notamment les avantages suivants :

- il permet de localiser en plus de la position en (x, y, z) d'un émetteur son vecteur vitesse,
- 10 ◦ il s'applique lorsque l'on est en présence de un ou plusieurs émetteurs incidents,
- sa mise en oeuvre ne nécessite pas de connaissances particulières sur le signal émis,
- 15 ◦ il permet d'utiliser un réseau de capteurs ambiguë (c'est-à-dire tel que plusieurs incidences peuvent être associées à la même réponse du réseau) qui ont l'avantage d'être grand et ainsi d'être plus précis et plus robuste aux phénomènes de couplage entre aériens ou plus généralement aux erreurs de modélisation du réseau d'aériens,
- il peut être mis en oeuvre sur des réseaux calibrés en (θ, Δ) .
- 20 ◦ il peut être mis en oeuvre sur des réseaux à antennes à diversités d'amplitude comme les antennes colocalisées : réseau avec des dipôles de même centre de phase et ayant des orientations différentes.

D'autres caractéristiques et avantages de l'objet de la présente invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit donnée à
 25 titre illustratif et nullement limitatif à la lecture des figures annexées qui représentent :

- la figure 1 le schéma de principe de la localisation d'un émetteur de position au sol au moyen d'un aéronef,
- la figure 2 la relation entre un réseau d'antennes et l'incidence d'un émetteur,
- 5 • la figure 3 un schéma général expliquant le fonctionnement du procédé selon l'invention,
- les figures 4, 5 et 6 des exemples de mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

Afin de mieux faire comprendre l'objet de la présente invention, la description qui suit est donnée à titre illustratif et nullement limitatif pour
 10 localiser plusieurs émetteurs disposés au sol au moyen d'un réseau de capteurs équipant un aéronef en mouvement. Un tel système est par exemple décrit à la figure 1. L'aéronef est équipé d'un processeur adapté à mettre en oeuvre les étapes du procédé selon l'invention.

15 Le procédé peut aussi être mis en oeuvre dans le cadre de véhicule en mouvement au sol.

La figure 3 représente, dans un diagramme temps-amplitude du signal, le signal $x(t)$ composé d'une combinaison des signaux des émetteurs à différents instants t_1, t_2, \dots, t_k . Sur cette figure les différentes étapes mises
 20 en oeuvre à savoir la séparation des émetteurs SE et l'estimation paramétrique EP, l'association des paramètres de chaque émetteur, la localisation d'un émetteur sont résumées.

En présence de M émetteurs, le procédé dispose, à l'instant t en sortie des N capteurs du réseau, du vecteur $x(t)$ représentatif du mélange
 25 des signaux des M émetteurs. Autour de l'instant t_k , le vecteur $x(t+t_k)$ de dimension $N \times 1$, représentant le mélange des signaux des M émetteurs, s'exprime de la manière suivante :

$$\mathbf{x}(t+t_k) = \sum_{m=1}^M \mathbf{a}(\theta_{km}, \Delta_{km}) s_m(t+t_k) + \mathbf{b}(t+t_k) = \mathbf{A}_k \mathbf{s}(t+t_k) + \mathbf{b}(t+t_k) \quad \text{pour } |t| < \Delta t/2 \quad (1)$$

où $\mathbf{b}(t)$ est le vecteur bruit supposé gaussien, $\mathbf{a}(\theta, \Delta)$ est la réponse du réseau de capteurs à une source d'incidence (θ, Δ) , $\mathbf{A}_k = [\mathbf{a}(\theta_{k1}, \Delta_{k1}) \dots \mathbf{a}(\theta_{kM}, \Delta_{kM})]$, $\mathbf{s}(t) = [s_1(t) \dots s_M(t)]^T$, $\theta_{km} = \theta(t_k, x_m, y_m, z_m)$ et $\Delta_{km} = \Delta(t_k, x_m, y_m, z_m)$. Dans ce modèle, la matrice \mathbf{A}_k de mélange dépend de l'instant t_k d'observation.

- 5 Le vecteur directeur de l'incidence correspondant au $m^{\text{ième}}$ émetteur à l'instant t_k

$$\mathbf{a}_{km} = \mathbf{a}(\theta_{km}, \Delta_{km}) = \mathbf{a}(t_k, x_m, y_m, z_m) \text{ du } m^{\text{ième}} \text{ émetteur} \quad (2)$$

est une fonction connue de t_k et de la position de l'émetteur (x_m, y_m, z_m) .

Le procédé selon l'invention comporte au moins les étapes suivantes :

- 10 1. estimer un ou plusieurs paramètres associés à la position de la source, par exemple les vecteurs directeurs, les incidences, la position, etc. et séparer les M émetteurs pour les différents instants t_k , ce qui consiste à identifier les vecteurs directeurs d'incidence \mathbf{a}_{km} pour $(1 \leq m \leq M)$. Cette première étape est par exemple effectuée par des techniques de
- 15 séparation de sources connues de l'Homme du métier,
2. associer les paramètres estimés pour le $m^{\text{ième}}$ émetteur, par exemple en associant les différents vecteurs directeurs d'incidences, $\mathbf{a}_{1m} \dots \mathbf{a}_{km}$ obtenus respectivement aux instants t_1, \dots, t_k ,
3. localiser le $m^{\text{ième}}$ émetteur à partir des vecteurs associés.

20 Etape d'association

En présence de M émetteurs et après séparation de sources, le procédé possède à l'instant t_k les M signatures \mathbf{a}_{km} pour $(1 \leq m \leq M)$. A l'instant t_{k+1} la séparation de source donne les M vecteurs \mathbf{b}_l pour $(1 \leq l \leq M)$. L'objectif

de ce suivi est de déterminer pour le $m^{\text{jème}}$ émetteur, l'indice $i(m)$ qui minimise l'écart entre \mathbf{a}_{km} et $\mathbf{b}_{i(m)}$. Dans ce cas on en déduira que $\mathbf{a}_{k+1, m} = \mathbf{b}_{i(m)}$. Pour effectuer cette association on définit par exemple la distance entre deux vecteurs \mathbf{u} et \mathbf{v} par :

$$d(\mathbf{u}, \mathbf{v}) = 1 - \frac{|\mathbf{u}^H \mathbf{v}|^2}{(\mathbf{u}^H \mathbf{u})(\mathbf{v}^H \mathbf{v})} \quad (3)$$

5 Où \mathbf{u}^H est le transposé conjugué du vecteur \mathbf{u} .

Dans ces conditions l'indice $i(m)$ vérifie :

$$d(\mathbf{a}_{km}, \mathbf{b}_{i(m)}) = \min_{1 \leq i \leq M} [d(\mathbf{a}_{km}, \mathbf{b}_i)] \quad (4)$$

donc

$$d(\mathbf{a}_{km}, \mathbf{b}_{i(m)}) = \min_{1 \leq i \leq M} \left[1 - \frac{|\mathbf{a}_{km}^H \mathbf{b}_{i(m)}|^2}{(\mathbf{a}_{km}^H \mathbf{a}_{km})(\mathbf{b}_{i(m)}^H \mathbf{b}_{i(m)})} \right]$$

Dans cette association on considère une fonction β_m associée au $m^{\text{jème}}$ émetteur:

$$\beta_m(t_k) = d(\mathbf{a}_{km}, \mathbf{a}_{0m}) \quad (5)$$

Au fil de l'association on obtient pour chaque émetteur m et pour $1 \leq m \leq M$, la fonction $\beta_m(t)$. Cette fonction a notamment pour objectif d'éliminer les instants t_k dont la valeur $\beta_m(t_k)$ paraît trop éloignée d'une interpolation de la fonction $\beta_m(t)$, c'est-à-dire que l'on élimine les instants aberrants qui peuvent être associés à d'autres émetteurs. On définit une zone de tolérance $\pm \Delta$ autour de la courbe définie par la fonction $\beta_m(t_k)$. Cette zone de tolérance dépendra de la précision d'estimation des vecteurs directeurs \mathbf{a}_{km} . En particulier en présence de $M=1$ source la zone sera de l'ordre de $\Delta = 3/\sqrt{B\Delta t}$ (où Δt est le temps élémentaire d'estimation paramétrique illustré fig.3 et B est la bande instantanée du signal $x(t)$).

Les étapes de cette association pour K instants t_k sont par exemple les suivantes :

Etape ASE – 1 : Initialisation du processus à $k=2$. Le nombre M d'émetteurs initial est par exemple déterminé par un test de détection du nombre de sources à l'instant t_0 connu de l'Homme du métier,

Etape ASE – 2 : Pour $1 \leq m \leq M$ détermination des indices $i(m)$ en appliquant l'équation (4) et en utilisant le vecteur $\mathbf{a}_{k,m}$ avec $1 \leq m \leq M$ et les vecteurs \mathbf{b}_i identifiés à l'instant t_{k+1} pour ($1 \leq i \leq M$),

Etape ASE – 3 : Pour $1 \leq m \leq M$ effectuer l'opération $\mathbf{a}_{k+1, m} = \mathbf{b}_{i(m)}$,

Etape ASE – 4 : Incrémentation $k \leftarrow k+1$ et si $k < K$ retour à l'étape ASE-1,

Etape ASE – 5 : A partir de la famille d'instants $\Phi = \{ t_1 < \dots < t_K \}$, éliminer les l instants $t_i \in \Phi$ tel que les coefficients $\beta_m(t_i)$ n'appartiennent pas à la zone délimitée par la courbe d'interpolation des $\beta_m(t_k)$ et la zone de tolérance Δ . On éliminera aussi les instants t_k où $|\beta_m(t_k) - \beta_m(t_{k-1})| < \Delta$. Après ce tri la nouvelle famille d'instants est $\Phi = \{ t_1 < \dots < t_l \}$ et on pose $K=l$.

A la fin de ces étapes, le procédé a déterminé les vecteurs $\mathbf{a}_{1,m}$ $\mathbf{a}_{K,m}$ associés au $m^{\text{ième}}$ émetteur.

Localisation d'un émetteur

Le procédé détermine la position du $m^{\text{ième}}$ émetteur à partir des composantes des vecteurs $\mathbf{a}_{1,m}$ jusqu'à $\mathbf{a}_{K,m}$. Ces vecteurs $\mathbf{a}_{k,m}$ ont la particularité de dépendre de l'instant t_k et surtout de la position (x_m, y_m, z_m) de l'émetteur. En particulier pour un réseau composé de $N=2$ capteurs espacés d'une distance de d dans l'axe du porteur le vecteur vérifie $\mathbf{a}_{k,m}$:

$$\mathbf{a}_{k,m} = \begin{bmatrix} 1 \\ \exp\left(j2\pi \frac{d}{\lambda} \cos(\theta(t_k, x_m, y_m, z_m)) \cos(\Delta(t_k, x_m, y_m, z_m))\right) \end{bmatrix} = \mathbf{a}(t_k, x_m, y_m, z_m) \quad (6)$$

La valeur 1 de la première composante correspond au capteur de référence. D'après la figure 1, l'incidence $(\theta(t_k, x_m, y_m, z_m), \Delta(t_k, x_m, y_m, z_m))$ peut être directement calculée à partir de la position (x_k, y_k, z_k) du porteur à l'instant t_k et la position (x_m, y_m, z_m) de l'émetteur.

5 Etape de transformation du vecteur

Selon une première variante de réalisation, le procédé comporte une étape de correction des a_{km} . La mesure des vecteurs directeurs a_{km} est généralement obtenue à un facteur complexe près indéterminé. Selon cette première variante, le procédé comporte une étape qui consiste à changer la
10 référence de phase du vecteur directeur mesuré en se ramenant au barycentre de phase (défini à un coefficient scalaire constant près que l'on peut fixer à 1). Cette opération est réalisée, par exemple, en estimant le coefficient de correction déterminé par la transformation suivante des a_{km} en a'_{km} :

$$15 \quad a'_{km} = \left(\prod_i \frac{a_i}{|a_i|} \right)^{\frac{1}{N}} a_{km} \quad (7)$$

Le coefficient de correction n'est pas totalement déterminé par cette expression compte tenu de l'indétermination d'ordre N de la racine complexe. Un suivi de l'évolution de phase pendant la période d'observation
20 est donc effectué.

Le coefficient complexe étant défini à un facteur près parmi les N racines N^{ième} de l'unité, le suivi de phase consiste à fixer arbitrairement le premier coefficient de correction (en prenant la racine 1 par exemple), puis à déterminer à chaque nouvelle itération k+1, le coefficient qui minimise les
25 écarts de phases moyens entre le vecteur directeur recentré à k+1 et le vecteur recentré à l'instant k.

Le critère de minimisation, pour des mesures à la même fréquence, peut être égal à :

$$\min_{\rho \in \mathbb{R}^+} \sum_{i \in \text{voie}} \min(\text{mod}(\left| \arg\left(\frac{\rho \cdot a_{k+1}(i)}{a_k(i)}\right) \right|, 2\pi), 2\pi - \text{mod}(\left| \arg\left(\frac{\rho \cdot a_{k+1}(i)}{a_k(i)}\right) \right|, 2\pi)) \quad (8)$$

- où les a_{k+1} sont les vecteurs directeur recentrés avec le coefficient de correction déterminé arbitrairement par l'une quelconque des racines Nèmes de l'expression. Pour des mesures à des fréquences différences, il est possible de comparer les phases des composantes des deux vecteurs directeurs en les corrigeant d'une puissance donnée par le rapport de ces deux fréquences.
- 10 Si l'on considère les vecteurs $b_{km} = a'_{km}$, il est alors possible de comparer cette mesure à la valeur théorique $b(t_k, x_m, y_m, z_m)$ pour laquelle le vecteur directeur théorique $a(t_k, x_m, y_m, z_m)$ est calculé pour une origine considérée au barycentre (géométrique) théorique de phase (lieu géométrique pour lequel la somme théorique des différences de phase
- 15 s'annule). Ce lieu ne coïncide pas (en général) avec le centre de phase du réseau.

- Selon une autre variante de réalisation, le procédé comporte une étape de transformation du vecteur a_{km} en un vecteur b_{km} dont les
- 20 composantes sont formées à partir des composantes du vecteur a_{km} . En particulier, le procédé construit par exemple le vecteur b_{km} de dimension $(N-1) \times 1$ en choisissant un capteur de référence en $n=i$:

$$\mathbf{b}_{km} = \begin{bmatrix} \mathbf{a}_{km}(1) / a_{km}(i) \\ \vdots \\ \mathbf{a}_{km}(i-1) / a_{km}(i) \\ \mathbf{a}_{km}(i+1) / a_{km}(i) \\ \vdots \\ \mathbf{a}_{km}(N) / a_{km}(i) \end{bmatrix} = \mathbf{b}(t_k, x_m, y_m, z_m) \quad (9)$$

où $\mathbf{a}_{km}(i)$ est la $i^{\text{ème}}$ composante de \mathbf{a}_{km}

Les composantes de \mathbf{b}_{km} correspondent dans ce cas aux rapports des composantes du vecteur \mathbf{a}_{km} et du vecteur $\mathbf{a}_{km}(i)$.

Ainsi dans l'exemple de l'équation (6) en fixant $i=1$ on obtient :

$$\mathbf{b}_{km} = \left[\exp \left(j 2\pi \frac{d}{\lambda} \cos(\theta(t_k, x_m, y_m, z_m)) \cos(\Delta(t_k, x_m, y_m, z_m)) \right) \right] \quad (10)$$

$$= \mathbf{a}_{km}(2) / \mathbf{a}_{km}(1)$$

- 5 Sachant que les vecteurs directeurs \mathbf{a}_{km} sont estimés avec une certaine erreur \mathbf{e}_{km} tel que $\mathbf{a}_{km} = \mathbf{a}(t_k, x_m, y_m, z_m) + \mathbf{e}_{km}$, on peut en déduire qu'il en est de même pour le vecteur transformé \mathbf{b}_{km} de (9) .

Etape de maximisation d'un critère de corrélation

- 10 Sachant que le vecteur \mathbf{a}_{km} est une fonction de la position (x_m, y_m, z_m) de l'émetteur il en est de même pour le vecteur \mathbf{b}_{km} . Le procédé comporte une étape de maximisation d'un critère de corrélation vectorielle normalisé $L_K(x, y, z)$ dans l'espace (x, y, z) de position d'un émetteur où

$$L_K(x, y, z) = \frac{|\mathbf{b}_K^H \mathbf{v}_K(x, y, z)|^2}{(\mathbf{b}_K^H \mathbf{b}_K)(\mathbf{v}_K(x, y, z)^H \mathbf{v}_K(x, y, z))}$$

Avec

$$\mathbf{b}_K = \begin{bmatrix} \mathbf{b}_{1m} \\ \vdots \\ \mathbf{b}_{Km} \end{bmatrix} = \mathbf{v}_K(x_m, y_m, z_m) + \mathbf{w}_K, \quad \mathbf{v}_K(x, y, z) = \begin{bmatrix} \mathbf{b}(t_1, x, y, z) \\ \vdots \\ \mathbf{b}(t_K, x, y, z) \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$\text{et } \mathbf{w}_K = \begin{bmatrix} \mathbf{w}_{1m} \\ \vdots \\ \mathbf{w}_{Km} \end{bmatrix}$$

Le vecteur bruit \mathbf{w}_K a pour matrice de covariance $\mathbf{R} = E[\mathbf{w}_K \mathbf{w}_K^H]$. En faisant l'hypothèse que la matrice \mathbf{R} est connue, le critère peut être envisagé avec une technique de blanchiment. Dans ces conditions on obtient le critère $L'_K(x, y, z)$ suivant :

$$L'_K(x, y, z) = \frac{|\mathbf{b}_K^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{v}_K(x, y, z)|^2}{(\mathbf{b}_K^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{b}_K)(\mathbf{v}_K(x, y, z)^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{v}_K(x, y, z))} \quad (12)$$

Avec $\mathbf{R} = E[\mathbf{w}_K \mathbf{w}_K^H]$

- 5 • Il faut remarquer que les critères des équations (11) et (12) sont égaux lorsque $\mathbf{R} = \sigma^2 \mathbf{I}$, c'est à dire lorsque les erreurs sont considérées de niveau égal sur tous les capteurs et indépendantes entre capteurs. Le critère $L_K(x, y, z)$ de l'équation (12) est donc valable pour un bruit de modèle \mathbf{w}_K de statistiques blanches.
- 10 • Les critères $L_K(x, y, z)$ et $L'_K(x, y, z)$ sont compris entre 0 et 1 et vérifient $L_K(x, y, z) = L'_K(x, y, z) = 1$ pour la position (x_m, y_m, z_m) du $m^{\text{ième}}$ émetteur. Cette normalisation permet de fixer un seuil de bonne localisation η . Ainsi tous les maximums (x_m, y_m, z_m) de $L_K(x, y, z)$ qui vérifient $L_K(x_m, y_m, z_m) > \eta$ sont considérés comme des bonnes localisations. Le seuil peut être fixé en
- 15 fonction d'une connaissance approchée des statistiques de \mathbf{w}_K .
- Les critères $L_K(x, y, z)$ et $L'_K(x, y, z)$ ont l'avantage de pouvoir mettre en œuvre une technique de localisation en présence d'un réseau de capteurs calibrés dans l'espace (θ, Δ) . Sachant qu'à l'instant t_k on connaît la relation

- analytique liant l'incidence $(\theta(t_k, x, y, z), \Delta(t_k, x, y, z))$ de l'émetteur à sa position (x, y, z) , on peut alors déduire à partir de l'incidence $(\theta(t_k, x, y, z), \Delta(t_k, x, y, z))$ le vecteur $\mathbf{a}(t_k, x_m, y_m, z_m) = \mathbf{a}(\theta(t_k, x, y, z), \Delta(t_k, x, y, z))$ en réalisant une interpolation de la table de calibration (relative aux antennes calibrées). Remarquons
- 5 cependant que ce procédé est insensible à un biais en phase (en raison du critère de corrélation vectorielle).

• Ces critères permettent aussi de tenir compte de la phase et de l'amplitude des composantes de $\mathbf{a}(\theta, \Delta)$. La méthode peut donc être envisagée avec des réseaux à antennes colocalisées à diversité de diagramme.

- 10 Il faut remarquer que dans un contexte aéroporté la connaissance de l'altitude h de l'avion permet de réduire le calcul du critère dans l'espace de recherche (x, y) en posant $z=h$. Dans l'exemple des équations (6) et (10) le vecteur $\mathbf{v}_K(x, y, z)$ s'écrit de la manière suivante :

$$\mathbf{v}_K(x, y, z) = \begin{bmatrix} \exp\left(j2\pi \frac{d}{\lambda} \cos(\theta(t_1, x, y, z)) \cos(\Delta(t_1, x, y, z))\right) \\ \vdots \\ \exp\left(j2\pi \frac{d}{\lambda} \cos(\theta(t_K, x, y, z)) \cos(\Delta(t_K, x, y, z))\right) \end{bmatrix} \quad (13)$$

- Dans ce procédé il est possible d'envisager une étape
- 15 d'initialisation de l'algorithme à $K=K_0$, puis ensuite de calculer de façon récursive le critère $L_K(x, y, z)$. Dans ces conditions $L_K(x, y, z)$ se calcule récursivement de la façon suivante :

$$L_{K+1}(x, y, z) = \frac{|\alpha_{K+1}(x, y, z)|^2}{\beta_{K+1} \gamma_{K+1}(x, y, z)}$$

où

$$\alpha_{K+1}(x, y, z) = \alpha_K(x, y, z) + \mathbf{b}_{K+1}^H \mathbf{b}(t_{K+1}, x, y, z) \quad (14)$$

$$\gamma_{K+1}(x, y, z) = \gamma_K(x, y, z) + \mathbf{b}(t_{K+1}, x, y, z)^H \mathbf{b}(t_{K+1}, x, y, z)$$

$$\beta_{K+1} = \beta_K + \mathbf{b}_{K+1 m}^H \mathbf{b}_{K+1 m}$$

Les coefficients $\alpha_{K+1}(x,y,z) = \alpha_K(x,y,z)$, $\gamma_{K+1}(x,y,z) = \gamma_K(x,y,z)$, $\beta_{K+1} = \beta_K$ sont des spectres intermédiaires permettant de calculer $L_{K+1}(x,y,z)$.

Lorsque les vecteurs $\mathbf{b}(t_{K+1}, x, y, z)$ et \mathbf{b}_{km} sont de normes constantes égale à ρ la relation de récurrence de l'équation (14) devient :

$$L_{K+1}(x,y,z) = \frac{|\alpha_{K+1}(x,y,z)|^2}{\beta^2 (K+1)^2}$$

où

(15)

$$\alpha_{K+1}(x,y,z) = \alpha_K(x,y,z) + \mathbf{b}_{K+1 m}^H \mathbf{b}(t_{K+1}, x, y, z)$$

- 5 Le procédé est décrit jusqu'ici en supposant que les émetteurs ont des positions fixes. Il peut facilement s'étendre au cas de cibles mobiles de vecteur vitesse (v_{xm}, v_{ym}, v_{zm}) pour lesquelles on dispose d'un modèle d'évolution. Dans ces conditions, l'incidence du $m^{\text{ième}}$ émetteur se paramétrise de la manière suivante (16):

$$\theta_{km} = \theta(t_k, x_m - v_{xm} t_k, y_m - v_{ym} t_k, z_m - v_{zm} t_k) \text{ et } \Delta_{km} = \Delta(t_k, x_m - v_{xm} t_k, y_m - v_{ym} t_k, z_m - v_{zm} t_k)$$

- 10 où (x_m, y_m, z_m) est la position de l'émetteur à l'instant t_0 et (v_{xm}, v_{ym}, v_{zm}) les composantes de la vitesse de l'émetteur à l'instant t_0 . Dans ces conditions le vecteur \mathbf{b}_{km} de l'équation (9) est paramétré par (x_m, y_m, z_m) et (v_{xm}, v_{ym}, v_{zm}) de la manière suivante :

$$\mathbf{b}_{km} = \mathbf{b}(t_k, x_m, y_m, z_m, v_{xm}, v_{ym}, v_{zm}) + \mathbf{w}_{km} \quad (17)$$

- 15 De manière naturelle les critères de localisation L_K et $L_{K'}$ des équations (11) et (12) ne sont plus paramétrés seulement par (x,y,z) mais aussi par (v_x, v_y, v_z) . Le procédé consiste donc à maximiser le critère $L_K(x,y,z, v_x, v_y, v_z)$ en fonctions des 6 paramètres (x,y,z, v_x, v_y, v_z) .

Le procédé peut s'appliquer à un très grand nombre de mesures.

Dans ce cas, le procédé comporte une étape de réduction de la complexité numérique de calcul (qui est fonction du nombre de mesures) en diminuant K . Le procédé prévoit d'effectuer sur les mesures élémentaires les traitements suivants :

- 5 - décimation des instants t_k , en éliminant les instants voisins pour lesquels l'évolution de la courbe $\beta_m(t_k)$ n'est pas significative,
- filtrage (lissage des mesures qui sont les vecteurs directeurs) et sous échantillonnage,
- les mesures sont ensuite fusionnées sur une durée définie (extraction par
- 10 association de vecteur directeur pour produire une mesure de synthèse).

Récapitulation des étapes du procédé

Le procédé de localisation de plusieurs émetteurs utilisant K instants t_k peut se résumer par les étapes suivantes :

15 **Etape n°1** : Identification des vecteurs \mathbf{a}_{km} pour $(1 \leq m \leq M)$ aux K instants t_k en appliquant par exemple une technique de séparation de sources et d'identification de sources comme décrit dans les références [2] [3].

Etape n°2 : Association des vecteurs \mathbf{a}_{1m} jusqu'à \mathbf{a}_{Km} obtenus aux instants respectifs $t_1 \dots t_K$ associés au $m^{\text{ième}}$ émetteur pour $1 \leq m \leq M$ en appliquant les étapes ASE-1 jusqu'à ASE-5 décrit ci-dessus.

20 **Etape n°3** : Initialisation du processus à $m=1$

Etape n°4 : Transformation des K vecteurs \mathbf{a}_{km} en des vecteurs \mathbf{b}_{Km} comme le suggère l'équation (9).

Etape n°5 : Calcul et maximisation du critère $L_K(x,y,z)$ de l'équation (11) pour obtenir la position (x_m, y_m, z_m) du $m^{\text{ième}}$ émetteur.

25 **Etape n°6** : Incrémentation $m \leftarrow m+1$ et si $m < M$ retour à l'étape n°3

Afin d'affiner l'estimation de la position (x_m, y_m, z_m) des émetteurs les étapes du procédé peuvent être réalisées de façon itérative de la manière suivante :

5 **Etape n°7 :** Identification des vecteurs \mathbf{b}_i pour $(1 \leq i \leq M)$ à l'instant t_{K+1} en appliquant par exemple une technique de séparation et d'identification de sources comme décrit dans les références [2] [3].

Etape n°8 : Pour $1 \leq m \leq M$ détermination des indices $i(m)$ en appliquant l'équation (4) et en utilisant le vecteur \mathbf{a}_{km} et les vecteurs \mathbf{b}_i pour $(1 \leq i \leq M)$.

Etape n°9 : Pour $1 \leq m \leq M$ est effectué l'opération $\mathbf{a}_{K+1\ m} = \mathbf{b}_{i(m)}$

10 **Etape n°10 :** Pour $1 \leq m \leq M$ calcul du critère $L_{K+1}(x, y, z)$ de façon itérative en utilisant les équations (14) et (15) et minimisation de $L_{K+1}(x, y, z)$ pour obtenir la position (x_m, y_m, z_m) du $m^{\text{ième}}$ émetteur.

Etape n°11 : Si l'on décide de continuer pour être plus précis et moins ambiguë le procédé retourne à l'étape n°7.

Exemple de mise en œuvre du procédé

15 Les simulations ont été réalisées avec un réseau de $N=2$ capteurs alignés dans l'axe du porteur avec $d/\lambda=3$. Comme $d/\lambda=3$ une méthode effectuant une goniométrie aux instants t_k serait complètement ambiguë et ne permettrait pas de faire par la suite des triangulations pour effectuer la localisation de l'émetteur. Sur les figures 5, 6 et 7 correspondant aux critères
20 de localisation pour $K=3, 7$ et 16 est tracé le pseudo-spectre $L_K(x, y)$ à maximiser permettant de déterminer la position de l'émetteur dans l'espace (x, y) . Sachant que si l'émetteur se situe en (x_0, y_0) alors $L_K(x_0, y_0)=1$, on en déduit que les courbes iso-niveaux $L_K(x, y)=0.99$ caractérisent la largeur du lobe principale. Remarquant que la précision de localisation dépend de la
25 largeur de ce lobe, on en déduit d'après les figures 5, 6 et 7 que plus K est important et meilleur sera la précision de localisation.

Références

- [1] RO.SCHMIDT. *A signal subspace approach to multiple emitter location and spectral estimation*, November 1981
- [2] J.F. CARDOSO, A. SOULOUMIAC, Blind beamforming for non-gaussian signals, *IEE Proceedings-F*, Vol.140, N°6, pp. 362-370, Dec. 1993.
- [3] P. COMON, Independent Component Analysis, a new concept?, *Signal Processing*, Elsevier, avril 1994, vol 36, n°3, pp 287-314.

REVENDEICATIONS

1 - Procédé de localisation d'une ou de plusieurs sources, la ou lesdites sources étant en mouvement par rapport à un réseau de capteurs, le
 5 procédé comportant une étape de séparation des sources afin d'identifier les vecteurs directeurs associés à la réponse des capteurs à une source d'incidence donnée, caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes :

- 10 ◦ associer les vecteurs directeurs $\mathbf{a}_{1m} \dots \mathbf{a}_{km}$ obtenus pour le $m^{\text{ième}}$ émetteur et respectivement pour les instants $t_1 \dots t_K$,
- localiser le $m^{\text{ième}}$ émetteur à partir des vecteurs $\mathbf{a}_{1m} \dots \mathbf{a}_{km}$ associés.

2 - Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'étape d'association comporte au moins les étapes suivantes :

15 **Etape ASE – 1** : initialiser le processus à $k=2$,

Etape ASE – 2 : pour $1 \leq m \leq M$ déterminer les indices $i(m)$ en utilisant la relation $d(\mathbf{a}_{km}, \mathbf{b}_{i(m)}) = \min_{1 \leq i \leq M} [d(\mathbf{a}_{km}, \mathbf{b}_i)]$, le vecteur $\mathbf{a}_{k,m}$ et les vecteurs \mathbf{b}_i identifiés à l'instant t_{k+1} pour $(1 \leq i \leq M)$, établir une fonction $\beta_m(t_k) = d(\mathbf{a}_{km}, \mathbf{a}_{0m})$

Etape ASE – 3 : pour $1 \leq m \leq M$ effectuer l'opération $\mathbf{a}_{k+1\ m} = \mathbf{b}_{i(m)}$,

20 **Etape ASE – 4** : incrémenter $k \leftarrow k+1$ et si $k < K$ retourner à l'étape ASE-1,

Etape ASE – 5 : à partir de la famille d'instant $\Phi = \{ t_1 < \dots < t_K \}$, ainsi obtenue, extraire les instants t_i qui n'appartiennent pas à une zone définie par la courbe $\beta_m(t_k)$ et une zone de tolérance.

3 - Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'étape de localisation comporte au moins les étapes suivantes :

maximiser un critère de corrélation vectorielle normalisé $L_k(x, y, z)$ dans l'espace (x, y, z) de position d'un émetteur avec

$$5 \quad L_k(x, y, z) = \frac{|\mathbf{b}_k^H \mathbf{v}_k(x, y, z)|^2}{(\mathbf{b}_k^H \mathbf{b}_k)(\mathbf{v}_k(x, y, z)^H \mathbf{v}_k(x, y, z))}$$

Avec

$$\mathbf{b}_k = \begin{bmatrix} \mathbf{b}_{1m} \\ \vdots \\ \mathbf{b}_{Km} \end{bmatrix} = \mathbf{v}_k(x_m, y_m, z_m) + \mathbf{w}_k, \quad \mathbf{v}_k(x, y, z) = \begin{bmatrix} \mathbf{b}(t_1, x, y, z) \\ \vdots \\ \mathbf{b}(t_K, x, y, z) \end{bmatrix}$$

$$\text{et } \mathbf{w}_k = \begin{bmatrix} \mathbf{w}_{1m} \\ \vdots \\ \mathbf{w}_{Km} \end{bmatrix}$$

où \mathbf{w}_k est le vecteur bruit pour toutes les positions (x, y, z) d'un émetteur.

10

4 - Procédé selon la revendication 3 caractérisé en ce que le vecteur \mathbf{b}_k comporte un vecteur représentatif du bruit dont les composantes sont fonctions des composantes des vecteurs $\mathbf{a}_{1m} \dots \mathbf{a}_{Km}$.

15 5 - Procédé selon la revendication 3 caractérisé en ce qu'il comporte une étape où l'on détermine la matrice de covariance $\mathbf{R} = E[\mathbf{w}_k \mathbf{w}_k^H]$ du vecteur bruit et en ce que l'on maximise le critère

$$L_k'(x, y, z) = \frac{|\mathbf{b}_k^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{v}_k(x, y, z)|^2}{(\mathbf{b}_k^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{b}_k)(\mathbf{v}_k(x, y, z)^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{v}_k(x, y, z))}$$

6 – Procédé selon la revendication 5 caractérisé en ce que l'évaluation du critère $L_K(x,y,z)$ et/ou du critère $L_{K'}(x,y,z)$ est récursive.

5 7 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 6 caractérisé en ce qu'il comporte une étape de comparaison des maximums avec une valeur seuil.

8 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 7 caractérisé en ce que la valeur de K est initialement fixée à K_0 .

10

9 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 8 caractérisé en ce que les émetteurs à localiser sont mobiles et en ce que le vecteur considéré est paramétré par la position de l'émetteur à localiser et le vecteur vitesse.

15

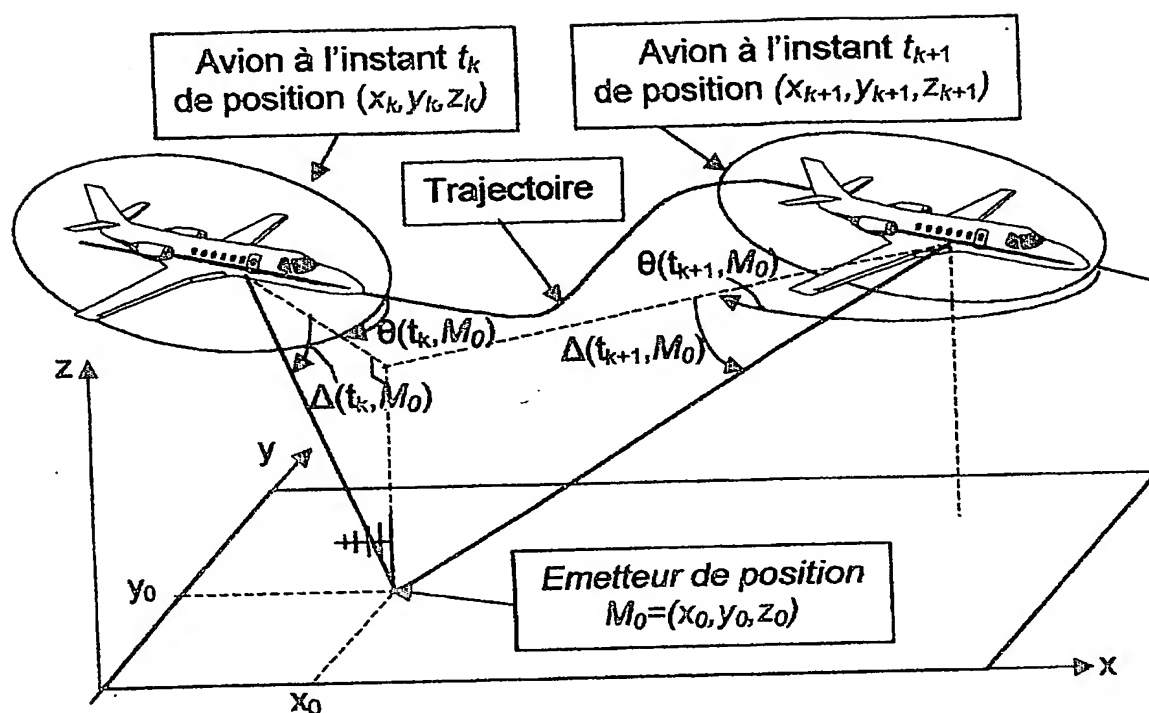


FIG.1

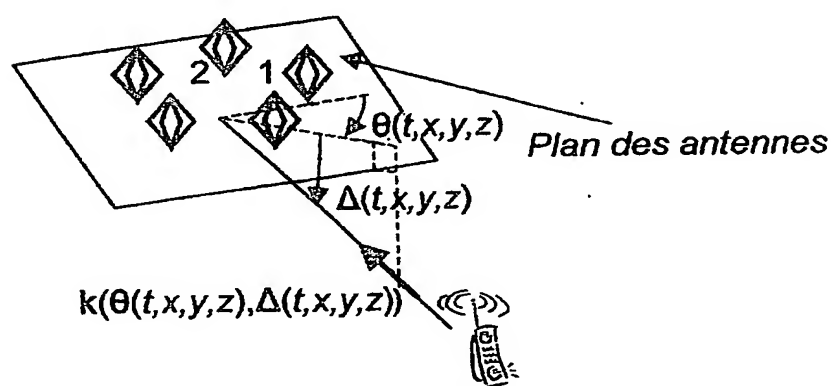


FIG.2

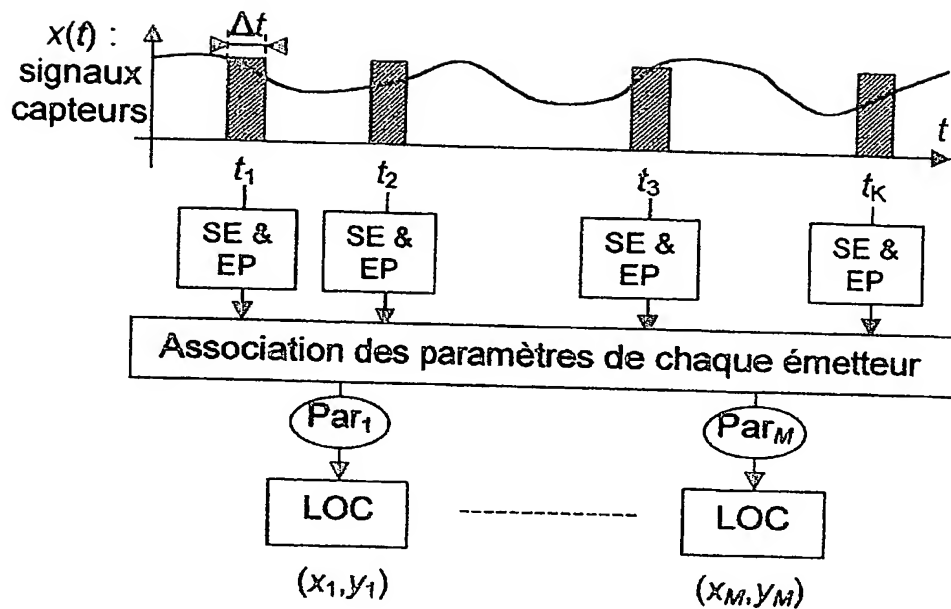


FIG.3

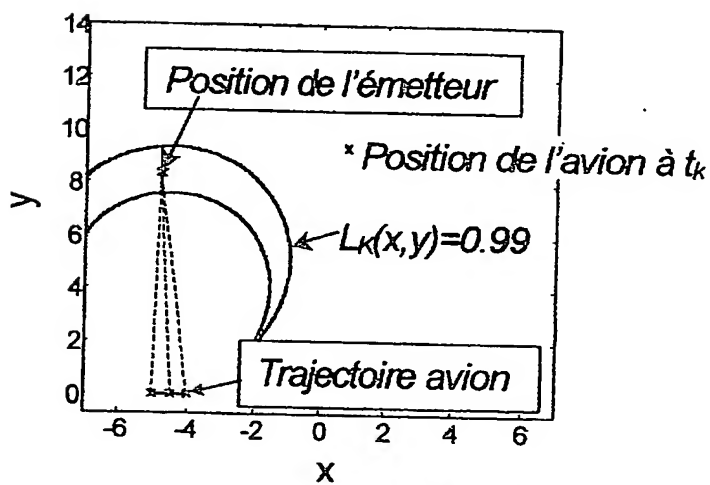


FIG.4

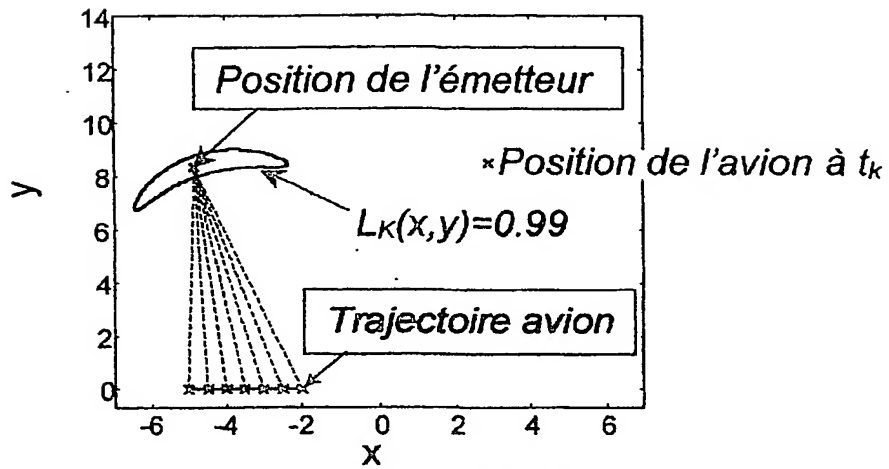


FIG.5

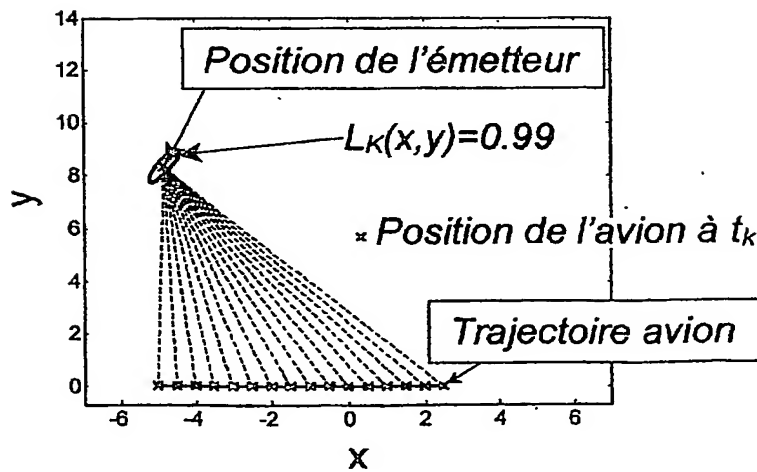


FIG.6

reçue le 14/05/04



26 bis, rue de Saint Pétersbourg - 75800 Paris Cedex 08

Pour vous informer : INPI DIRECT

0 825 83 85 87
0,15 € TTC/min

Télécopie : 33 (0)1 53 04 52 65

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

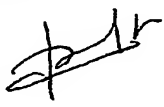


DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.../1...

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 © W / 210103

Vos références pour ce dossier (facultatif)		63396
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0405254
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PROCÉDE DE LOCALISATION D'UN OU DE PLUSIEURS EMETTEURS		
LE(S) DEMANDEUR(S) : THALES		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :		
<input checked="" type="checkbox"/> 1	Nom	FERREOL
	Prénoms	Anne
Adresse	Rue	THALES Intellectual Property 31-33, avenue Aristide Briand
	Code postal et ville	91411 ARCUEIL cedex
Société d'appartenance (facultatif)		
<input checked="" type="checkbox"/> 2	Nom	HEURGUIER
	Prénoms	Dominique
Adresse	Rue	THALES Intellectual Property 31-33, avenue Aristide Briand
	Code postal et ville	91411 ARCUEIL cedex
Société d'appartenance (facultatif)		
<input type="checkbox"/> 3	Nom	
	Prénoms	
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		
Isabelle DUDOUIT  14 MAI 2004		

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.